动 物 学 研 究 1999, Jun.20 (3): 239~240, 177 CN 53-1040/Q ISSN 0254-5853
Zoological Research

家鸽小脑皮层浦肯野细胞电活动的研究

STUDY OF ELECTRICAL ACTIVITY OF THE CEREBELLAR CORTICAL PURKINJE CELLS IN THE PIGEON

关键词 家鸽，小脑皮层，浦肯野细胞，桡神经刺激
Key words Pigeon, Cerebellar cortex, Purkinje cell, Radial nerve stimulation
中图分类号 Q959.739

神经解剖学和组织化学的研究资料指出，鸟类小脑的组织学结构与哺乳类的相似，其皮层也由分子层、浦肯野细胞层和颗粒层构成（Arends，1985）。与哺乳动物相比，鸟类的小脑皮层发育不完善，在组织学特征上小脑皮层的浦肯野细胞（Purkinje cell，PC）树突末梢较粗，而轴突侧支数量少；苔状纤维较少（Arends，1985）。小脑传入联系的组织解剖学研究证明：鸟类小脑的四肢躯体感觉传入与哺乳类的一样，通过脊髓通路经由苔状纤维（mossy fibre，mf）和爬行纤维（climbing fibre，cf）投射到小脑皮层的PC（Arends 等，1991；1989）。因此，研究鸟类小脑皮层PC的电生理特性及其对外周感觉刺激的反应，有助于了解小脑皮层对感觉传入信息的分析及整合作用，为深入研究鸟类小脑的生理功能提供基础。关于鸟类小脑神经元的电生理活动的研究甚少，仅 Whitlock（1952）、Gross（1970）以及陈蓉等（1994）报道了家鸽小脑神经元对外周神经刺激的诱发反应，目前未见有对鸟类小脑皮层 PC 电生理特性的报道。本工作以电刺激桡神经产生的传入冲动代表肢体的躯体感觉传入（陈蓉等，1994），对家鸽小脑皮层第Ⅵ小叶 PC 的放电活动进行了观察和研究。

1 材料和方法

1.1 材料 实验用健康成年家鸽（*Columba liuia*）35 只，雌雄不拘，鸽体重 350~400 g。

1.2 手术 家鸽用12%氨基甲酸乙酯（1.2 g/kg，i.p.）腹腔注射麻醉。分离两侧桡神经深支；开颅、剪开脑膜、暴露小脑；用4%的生理盐水琼脂封闭颅孔，以减少脑组织搏动和防止干燥。术后，将动物固定于江湾Ⅰ型立体定位仪上；两侧桡神经深支分别装上刺激电极。实验过程中，借助于红外线灯照射，使动物泄殖腔温度保持在41℃左右。

1.3 刺激与记录 外周神经的电刺激采用波宽 0.2 ms，空载电压 5~10 V 的单个矩形脉冲或包含 3 个脉冲的串刺激，刺激电极为保护电极。记录电极采用玻璃微电极，内充以 0.5%醋酸钠配制的 2%滂胺天蓝溶液，电极直流阻抗为 10~15 MΩ。玻璃微电极由日本产 SM-21 型微操纵器推送，参照 Karten 鸽脑立体定位图谱（Karten 等，1967），在小脑皮层第Ⅵ小叶区域内探查 PC 的电活动。

微电极所检测到的生物电信号经日本产 JZ-802 型微电极阻抗变换器和 MEZ-8201 型微电极放大器，输入 SR-76 型示波器显示、观察，同时用磁带记录仪记录原始数据，由 Doctor-852 型电生理实验智能仪进行处理，作出序列密度直方图。

1.4 组织学定位 小脑内记录电极位置用滂胺天蓝法标记（Deng 等，1992），根据脑冰冻切片上显示蓝点的微电极尖端位置，参照 Karten 鸽脑图谱和微电极操纵器推移读数，确定记录部位（陈蓉等，1994）。

2 结 果

2.1 PC 的电活动 ①PC 的鉴别。在 35 只家鸽小脑皮层第Ⅵ小叶区域内记录到 168 个神经元的电活动，在其简单锋电位(simple spike, SS) 的背景发放中出现复杂锋电位(complex spike, CS)(Fig.1)，根据这一特征性放电活动可推测这 168 个神经元为 PC(Yu 等，1985)。SS 为 PC 的自发放电活动，放电频率较高，94.5%(159 个)PC 的频率在 10~60 次/s 范围内，平均频率为 40 次/s(Fig.1A)；5.4%(9 个)PC 的 SS 放电频率较低，仅有 1~2 次/s。②CS 的放电类型。Fig.1B 显示，CS 是在 SS 的背景上出现的电位活动，CS 的特征为：在一个大的去极化波后紧跟着数个小的去极化波。CS 出现的频率很低，在 1.0~2.0 次/s 范围内。

2.2 PC 对桡神经刺激传入的反应 在 168 个 PC 中，115 个对刺激双侧桡神经有反应，其反应有两种不同的形式：①兴奋性反应。在 115 个有反应的单位中，64 个 PC 呈兴奋性反应(Fig.2A)，反应形式也不同，49 个 PC 呈现 CS 的增强，15 个 PC 的 SS 和 CS 都增强。在呈兴奋性反应的 64 个 PC 中，55 个 PC(85.9%)对同侧桡神经刺激有反应，34 个(53.1%)PC 对对侧桡神经刺激有反应，21 个 PC(32.8%)同

本文 1998-12-15 收到，1999-03-29 修回

时对双侧桡神经刺激有反应。②抑制性反应。在记录到的对桡神经刺激有反应的115个PC中,51个PC呈抑制性反应:在CS后出现了SS的暂停,停止时间在10～500 ms之间,在此期间CS也不出现(Fig.2B)。

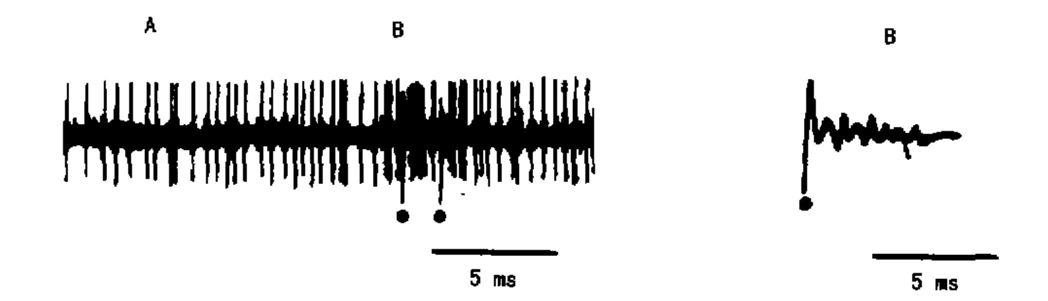


图1 浦肯野细胞的放电活动

Fig.1 Recording of Purkinje cell's discharges

A.简单锋电位 (simple spike, SS); B.复杂锋电位 (complex spike, CS); ●: CS的标志 (marks of CS)。

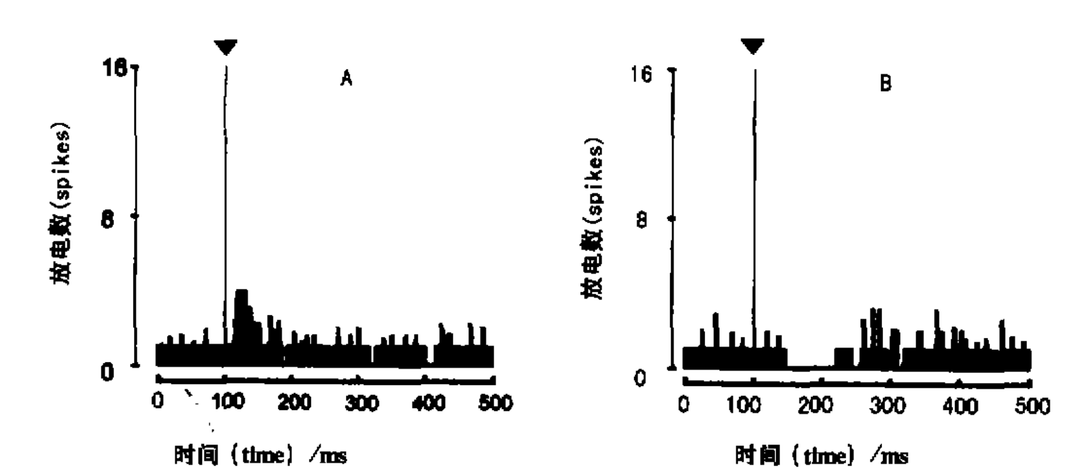


图2 浦肯野细胞对桡神经刺激传入的反应

Fig. 2 The response of PC in lobule Ⅵ of the cerebellar cortex to stimulation of radial nerve

A.兴奋性反应 (excitatory response); B.抑制性反应 (inhibitory response)。

▼: 桡神经刺激的标志 (marks of stimulation of radial nerve); 单位时间: 0.5 ms, 连续扫描50次 (the histograms is the summation of 50 sweeps with a bin width of 0.5 ms)。

3 讨论

对猫、猴等哺乳动物小脑皮层PC的自发放电活动的研究已有了较详细的报道(Armstrong 等,1979; Bauswein 等,1983; Yu 等,1985),前人的研究工作报道了哺乳动物PC的SS可能是由mf在小脑皮层的传入活动引起的,其放电频率在16～110次/s之间;而CS可能是由cf的传入活动所引起的,CS的放电频率特别低,仅1.0～2.5次/s。对鸟类小脑的神经解剖学和组织化学的研究较多(Arends,1985; Arends 等,1991),但目前尚未见有关于鸟类小脑皮层浦肯野细胞放电特征的研究报道。本工作以家鸽为实验动物,记录了家鸽小脑皮层第Ⅵ小叶区域内PC的放电活动。实验结果表明,家鸽小脑皮层第Ⅵ小叶的PC放电活动与哺乳动物的相似;在SS的背景发放中也出现CS,但SS的放电频率在10～60次/s之间,比哺乳动物PC的SS频率低,CS的放电频率约为1.0～2.0次/s。前人的组织解剖学研究资料表明,鸟类小脑皮层的组织学结构与哺乳动物相比发育不完善(Arends,1985),mf少,这可能是家鸽小脑皮层PC的SS放电频率比哺乳动物低的原因。

本工作以桡神经刺激传入代表前肢躯体感觉传入冲动,探查了家鸽小脑皮层第Ⅵ小叶的PC对刺激双侧桡神经的反应特征,记录到的PC对桡神经刺激可产生兴奋或抑制的反应,反应形式不同,对CS电活动的影响较大,这与对哺乳动物的研究报道基本一致(Armstrong 等,1979; Bauswein 等,1983; Yu 等,1985)。在兴奋性反应中,大部分PC呈现CS的增强反应,其余的PC表现为SS和CS都增强;抑制性反应形

(下转第177页)

1/2; tail length less than $1\frac{1}{2}$ (143.7%) times snout-vent length. Whereas in *tuberculatus*: warts on dorsum are large, elevated, rounded or oblong; space between chest glands is narrow or in contact with eath other and spines on the glands very fine and crowed, having 270 – 640 (421.2 ± 97.93, $n = 53$) spines in 10 mm^2; axillary glands are large and spines on the glands are the same in size with that on chest glangs; of tadpoles, body is slender; the posterior 1/2 narrower than anterior 1/2; tail length more than $1\frac{1}{2}$ times (156.3%) snout-vent length.

Key words Amphibia, Pelobatidae, *Scutiger* (*Aelurophryne*), *Scutiger* (*Aelurophryne*) *jiulongensis*, Morphology, Electrophoresis

(上接第240页)

式则为大部分 PC 在 CS 后出现了 SS 的暂停 (CS 也不出现)。实验结果还显示了,大部分 PC 对双侧桡神经刺激传入有反应,但以接受同侧桡神经刺激传入为主。鸟类小脑的四肢躯体感觉传入冲动可通过脊髓小脑束经由 mf 传入系统投射到同侧小脑蚓部皮层,少部分纤维交叉后投射到对侧小脑 (Arends 等, 1989, 1991; Wild, 1985, 1989),也可经过中脑 SpM 核 (nucleus spiriformis medialis) 接替后由 cf 传入系统进入小脑 (Wild, 1985、1989)。实验结果提示了家鸽小脑皮层大部分 PC 对桡神经刺激传入的反应具有神经径路基础,外周刺激产生的神经冲动经由 mf 和 cf 传入系统投射到小脑,可能在小脑皮层进行整合作用后,使 PC 的电活动表现出兴奋和抑制。

参 考 文 献

陈 蓉,王 彬,1994. 家鸽小脑神经元对四肢躯体神经刺激传入的反应特征. 湛江师范学院学报,1:81 ~ 87. [Chen R, Wang B, 1994 Responsive feature of infleunce of stimulation of afferent fibers of somatic nerve upon cerebellar neuron in pigeon. *Journal of Zhanjiang Normal College*, 1:81 – 87]

Arends J J A, 1985. Organization of corticonuclear and olivocerebellar connection in the pigeon. *Soc. Neurosci. Abstr.*, 11:692.

Arends J J A, Voogd J, 1989. Topographical aspects of the olivocerebellar system in the pigeon. *Exp. Brain. Res. Suppl.*, 17:52 – 57.

Arends J J A, Zeigler H P, 1991. Organization of the cerebellum in the pigeon (*Columba livia*). Ⅱ. Projections of the cerebellar nuclei. *J Comp. Neurol.*, **306**(2):245 – 272.

Armstrong D M, Rawson J A, 1979. Activity patterns of cerebellar cortical neurones and climbing fibre afferents in the awake cat. *J. Physiol.*, **289**:425 – 448.

Bauswein E, Kolb F P, Leimbeck B *et al*, 1983. Simple and complex spike activity of cerebellar purkinje cells during active and passive movements in the awake monkey. *J. Physiol.*, **339**:379 – 394.

Deng C, Wang B, 1992. Overlap of somatic and visual response areas in the Wulst of pigeon. *Brain Res.*, **582**:320 – 322.

Gross N B, 1970. Sensory representation with the cerebellum of the pigeon. *Brain Res.*, 21:280 – 283.

Karten H J, Hodos W, 1967. A sterotaxic atlas of the brain of the pigeon (*Columba livia*). Baltmore: Johns Hopkins University Press.

Whitlock D G, 1952. A neurohistological and neurophyisiological study of afferemt fibre tracts and receptive areas of the avian cerebellum. *J. Comp. Neurol.*, **97**:567 – 623.

Wild J M, 1985. Avian somatosensory system: Ⅰ. Primary spinal afferent input to the spinal cord and brainstem in the pigeon (*Columba livia*). *J. Comp. Neurol.*, **240**:377 – 395.

Wild J M, 1989. Avian somatosensory system: Ⅱ. Ascending projection of the dorsal colum and external cuneate nuclei in the pigeon. *J. Comp. Neurol.*, **287**:1 – 18.

Yu Q X, Ebner T J, Bloedel J R, 1985. Electrophysiological study of the corticonuclear projection in the cat cerebellum. *Brain Res.*, **327**:121 – 134.

陈 蓉
CHEN Rong
(湛江师范学院生物系 湛江 524048)
(*Dept. of Biology, Zhanjiang Normal College, Zhanjiang* 524048)

王 彬
WANG Bin
(西南师范大学生命科学系 重庆 400715)
(*Dept. of Life Science, Southwest China Normal University, Chongqing* 400715)